УДК 658:62.001.57

Г.Н. ЖОЛТКЕВИЧ, Л.Е. СЕРГЕЕВ

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

МНОГОВАРИАНТНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕГРИРОВАННОЙ КОМПОНЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Предложен метод оценки множества вариантов создаваемого многоуровневого программного обеспечения (ПО) автоматизированных систем управления с помощью теории перечисления. Эффективность метода связана с использованием современной компонентно-ориентированной технологии создания ПО

компонентно-ориентированная информационная технология, многовариантный анализ, программное обеспечение, модульность, граф, программный комплекс, отображение

Введение

Характерной чертой современного программного обеспечения автоматизированных систем управления (АСУ) является многообразие возможных компоновочных решений. Проектирование таких систем в настоящее время в основном базируется на опыте и интуиции разработчика, его знании автоматизированных систем управления.

Разнообразие технологических приемов, используемых при создании современных АСУ производством, а также требования гибкости, возможности быстрого перехода на новые АСУ, усложняют разработку программного обеспечения. В настоящее время одним из прогрессивных подходов в разработке ПО является компонентно-ориентированная технология [1].

1. Постановка проблемы и выделение нерешенной задачи

Модульный состав ПО, параллелизм и асинхронность при обработке отдельных программ, универсальность и специализация самих программных модулей приводит к тому, что выполнение одного и того же программного процесса может осуществляться разнообразным сочетанием способов, поэтому непосредственный анализ и сравнение всех вариантов структур системы вручную становится труднодоступным. Поэтому, актуальны методы, позволяющие количественно оценить множество вариантов ПО, построить их блочные схемы, затем проанализировать полученные варианты.

В работе дано теоретико-множественное представление ПО АСУ с учетом модульности и многослойности. Приводится комбинаторный анализ ПО АСУ с использованием основных положений теории перечисления. Получены аналитические выражения, с помощью которых можно количественно оценить множество возможных структур ПО с ограничением на число типов модулей. Рассматриваются различные постановки задач количественного анализа: однородный состав системы (использование универсальных модулей), разнородный состав, смешанный случай.

2. Оценка множества компоновочных решений ПО АСУ

Для оценки множества компоновочных решений ПО АСУ выделим следующие этапы:

1. Подсчет возможных вариантов организации ПО АСУ.

2. Формирование компоновочных решений ПО АСУ.

Здесь следует отметить, что при небольшом числе вариантов путем полного перебора можно определить лучший вариант системы. Трудности возникают, когда число альтернативных вариантов достаточно велико так, что перебор невозможен.

Для более ясного изложения последующего материала кратко рассмотрим основные результаты теории перечисления.

На первом этапе для перечисления осуществляется переход от архитектурных свойств системы к теоретико–множественному представлению. Это множество программных модулей, блоков. Одно множество отображается в другое, программные модули в структуру ПО АСУ. На этом же этапе необходимо перейти к группам, которые являются отражением вводимой эквивалентности (одинаковости) вариантов и позволяют воспользоваться основными теоремами перечисления [q].

Теорема 1. (Основная теорема Пойа). Перечень классов эквивалентности равен

$$\sum_F W(F) = Z(G; \sum_{r\in R} \varpi(r), \sum_{r\in R} [\varpi(r)]^2, \sum_{r\in R} [\varpi(r)]^3,...),$$

где F - класс эквивалентности, индуцированный группой G, действующей на множестве D; Z(G,…) - цикловой индекс группы G; ω (r) - «вес» элемента $r \in R$.

В частности, если веса выбраны равными 1, то можно определить число классов эквивалентности

$$N = Z(G;|R|;|R|,|R|,...).$$

Теорема 2. (Де Брейн). Число классов эквивалентности однозначных отображений множества D в R

$$[Z(G;\frac{\partial}{\partial Z_1},\frac{\partial}{\partial Z_2},...)Z(H,1+Z_1,1+2Z_2,...)]_{Z_1=Z_2=...=0}.$$

Здесь Z(G;…) - дифференциальный оператор, действующий на оператор Z(H;…) - при условии $Z_1=Z_2=…=0$.

Теорема 3. (Де Брейн). Если выполняются предложения теоремы 2 и если, кроме того, $|R|=|D|$, т.е. отображения взаимно однозначные, то число классов эквивалентности равно

$$[Z(G;\frac{\partial}{\partial Z_1},\frac{\partial}{\partial Z_2},...)Z(H;Z_1,2Z_2,...)]_{Z_1=Z_2=...=0}.$$

Теорема 4. (Де Брейн). Общее число классов эквивалентности (эквивалентность индуцируется группами подстановок G и H множеств D и R соответственно) равно

$$[Z(G;\frac{\partial}{\partial Z_1},\frac{\partial}{\partial Z_2},...)Z(H;e^{Z_1+Z_2+...},e^{2(Z_2+Z_4+...)},...)]_{Z_1=Z_2=...=0}$$

или

$$|H|^{-1}\sum Z(G;...,\sum_{j/i} jC_j,...),$$

где $\{C_1, C_2,…\}$ - тип элемента $h \in H$.

Последнее выражение иногда оказывается проще для применения.

Теорема 5. (Пойа). Имеем

$$Z(G[H];x_1,x_2,...)= \\ =Z(G)[Z(H;x_1,x_2,...),Z(H;x_2,x_4,...)]$$

где правая часть получена подстановкой

$$Y_k = Z(H;x_k,x_{2k},...) \text{ в } Z(G;y_1,y_2,...)$$

В дальнейшем будем представлять структуру ПО АСУ в виде графов, где вершинами являются компонентно-ориентированные модули АСУ, а ребра – внутренние (информационные) связи. Поэтому дадим основные положения для перечисления графов.

Теорема 6. Если G - связной граф, то

$$\Gamma(nG) \equiv Sn[\Gamma(G)],$$

где Γ(G) - группа графа G;
≡ - знак изоморфизма;
n - число непересекающихся подграфов графа nG (не имеющих общих вершин).

Из теоремы следует, что автоморфизм графа nG можно получить, выполняя сначала произвольный автоморфизм на каждой из копий G, а затем совершая перестановку этих копий.

Теорема 7. Если G_1 и G_2 - непересекающиеся связные неизоморфные графы, то

$$\Gamma(G_1 \cup G_2) \equiv \Gamma(G_1) + \Gamma(G_2)$$

Любой граф можно представить в виде

$$G = n_1G_1 \cup ... \cup n_rG_r,$$

где n_i - число компонент графа изоморфных G_i.

Из двух последних теорем следует, что $\Gamma(G) \equiv S_{n1}[\Gamma(G_1)] + S_{n2}[\Gamma(G_2)] + ... + S_{nr}[\Gamma(G_r)]$.

Следствие. Группа объединения двух графов идентична сумме их групп, т.е.

$$\Gamma(G_1 \cup G_2) = \Gamma(G_1) + \Gamma(G_2)$$

тогда и только тогда, когда в графе нет компоненты, изоморфной компоненте графа G_2.

Теорема 8. а). Группа Г(G) есть S_p тогда и только тогда, когда $G=K_p$ или $G = \overline{K_p}$

б). Если G - простой цикл длины p, то

$$\Gamma(G)=D_p \ ,$$

где K_p - полный граф, т.е. такой, у которого каждая пара вершин соединена ребром;

D_p - диэдральная группа степени p;

p - число вершин графа.

Рассмотрим многоуровневый состав ПО АСУ. Пусть задано число уровней детализации и выполняется условие $r_1 \le r_2 \le ... \le r_Q$, где r_i максимально допустимое количество элементов i-го уровня детализации, $i = \overline{1,Q}$. Для начальных стадий проектирования известен состав только модулей самого нижнего Q -го уровня. Обозначим этот факт через $r_Q=n_Q$, где $n_Q=|B^Q|$, B^Q - множество исходных модулей Q-го уровня детализации ПО АСУ.

$$\sum_{\mu Q=1}^{l_Q} P_{\mu Q} = n_Q \ ,$$

где $P_{\mu Q}$ - число элементов μ-го типа Q-го уровня.

Элементы (Q-1)-го уровня образуются из элементов Q-го уровня путем отображения множества B^Q в R^{Q-1}, где R^{Q-1} - множество мест для элементов (Q-1)-го уровня, $r_{Q-1}=|R^{Q-1}|$. Множество состава (Q-1)-го уровня является множеством всех отображений B^Q в R^{Q-1}.

Осуществляя процесс последовательных отображений множества элементов i-го уровня в множество элементов (i-1)-го уровня, получим множество составов ПО для всех уровней детализации. Возможно наличие исходных элементов не только на нижнем Q-ом уровне. Поэтому необходимо учитывать наличие этих дополнительных элементов

$$r_i = r_i' + n_i$$

где n_i - число имеющихся элементов i-го уровня;

r_i' - число элементов i-го уровня, которые получены из элементов *i+1,i+2,…* уровней. Переменный состав i-го уровня определяется компонентой r_i'.

Значение целевого назначения ПО АСУ и накопление опыта при проектировании приводит к конкретизации состава и в виде задания количественных характеристик на каждом уровне детализации.

Пусть проектировщику ПО известно количество элементов *(i+1)*-го уровня в каждом элементе *i*-го уровня. Многообразие составов ПО АСУ определяется не только множеством отображений B^Q в R^Q, но и связями элементов R^Q с элементами R^{Q-1}, R^{Q-2} и т.д.

Детализируем структуру ПО АСУ. Пусть известны конфигурации информационных связей между элементами на каждом уровне детализации системы. Представим эти связи в виде графа $G^i, i = \overline{1,Q}$, который является объединением подграфов

$$G^i = \bigcup_{ji} G^i_{ji} \ ,$$

где G^i_{ji} - j-й подграф i-го уровня.

Задан состав элементов на Q-м уровне. Необходимо получить все варианты структуры ПО АСУ.

Отобразим множество элементов B^Q в множество вершин графа G^Q, так, чтобы в каждой вершине графов было по одному элементу множества B^Q. Множество таких отображений определяет множество вариантов структуры T^Q для Q -го уровня детализации. В результате получим множество помеченных подграфов M_{B^Q}, для каждого варианта отображений $t_{B^Q} \in T^Q$. Далее отобразим множество вершин графа G^{Q-1} в множество M_{B^Q} для всех

t_{B^Q}. Осуществляя процесс последовательных отображений, получим все варианты структуры ПО АСУ.

Возможен случай наличия множеств исходных элементов, из которых конструируются ПО, на нескольких уровнях детализации. Поэтому при отображениях необходимо учитывать множества помеченных подграфов M_{B^i} и множество исходных элементов B^i, $i=\overline{1,Q}$.

Предположим, что в результате накопления опыта в построении ПО АСУ, структура конкретизируется путем задания межуровневых связей между отдельными конфигурациями на различных уровнях детализации системы. В этом случае многообразие структур ПО АСУ определяется множеством отображений B^Q в G^Q, с учетом связей подграфов G^Q с вершинами графов G^{Q-1}, подграфов графа G^{Q-1} с вершинами графа G^{Q-1} и т.д.

Пусть состав ПО АСУ образуется на основе объединения модулей в программные комплексы (ПК), а ПК – в ПО. Исходное множество программных модулей может состоять из одного типа, либо из нескольких. Пусть ПО состоит из однородных модулей. Объединим модули в отдельные ПК. Обозначим число имеющихся модулей через n, а количество построенных с помощью модулей ПК - r. Из-за однородностей модулей возможна любая их перестановка в исходном множестве B. Таких перестановок – $n!$, поэтому на исходном множестве модулей действует симметрическая группа S_n. Множество модулей отобразим в множество ПК. Так как нас интересует только состав ПО без учета порядка и связей между отдельными ПК, то на множестве ПК, которое обозначим через R, $|R|=r$, также действует симметрическая группа S_r. Максимально возможное число ПК будет в случае n=r.

Допустим, необходимо найти всевозможные варианты построения ПО АСУ. Эта задача эквивалентна задаче разбиения числа n на не более, чем r частей. Тогда число вариантов

$$K=|H_R|^{-1}\sum_{h\in H_R} Z(H_B;\dots,\sum_{j/i} jC_i,\dots)=\frac{1}{r!}\sum_{h\in S_r} Z(S_n;\dots,\sum_{j/i} jC_j,\dots)$$

Определим количество вариантов состава ПО АСУ при фиксированном числе ПК $r\leq n$. Действие симметрической группы S_n на множестве B приводит к тому, что интересуемся только числом модулей. Поэтому отображение B в R можно заменить отображением R в множество M={1,2,…} с ограничением

$$\sum_{k\in R} Y(K)=n\ ,$$

где $Y(K)$ - показывает, сколько модулей вошло в K-й ПК (не менее одного).

Придадим элементам множества M веса

$$\varpi^1,\varpi^2,\varpi^3,\dots,$$

и будем искать классы эквивалентности с весом ϖ^n

$$Z(S_r;\varpi+\varpi^2+\varpi^3+ \\ +\dots,\varpi^2+\varpi^4+\varpi^6+\dots,\dots).$$

Необходимо найти коэффициент при ϖ^n в данном разложении.

Заключение

Предложенный подход наиболее эффективен при использовании компонентно-ориентированной технологии создания ПО АСУ.

Литература

1. Сергеев Л.Е. Component-based information systems // Вестник национального технического университета «ХПИ».- Вып. 22.- 2001.- С. 46-63.

2. Харрари Ф., Палмер Э. Перечисление графов: Пер. с англ.- М.: Мир, 1977.- 324 с.

Поступила в редакцию 20.10.03

Рецензент: канд. техн. наук, доцент, Дружинин Е.А., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.

УДК 658:62.001.57

Різноманітний аналіз інтегрованої компонентно-орієнтованої інформаційної технології створення автоматизованої системи управління/Г.М. Жолткевич, Л.Є. Сергєєв//Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2003. № 00. С. 00-00.

Запропонований метод оцінки множини варіантів створеного багаторівневого програмного запезпечення (ПЗ) автоматизованих систем управління за допомогою теорії счислення. Ефективність метода пов'язана з дослідженнями сучасної компоненто-орієнтованої технології створення ПЗ

Бібліогр. 2 назв.

UDC 658:62.001.57

The all-level software of the automated management systems is built. The estimation method of its set versions with the help of the listing theory is offered. The efficiency of the method is connected to usage modern componently - oriented technologies of the software creation.

Информация об авторах:
Жолткевич Григорий Николаевич,д.т.н.,профессор, Сергеев Леонид Евгеньевич, аспирант
Харьковский национальный университет им. В.Н. Кармазин